

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生活與應用科學科

080813

音波槍

學校名稱：臺中縣豐原市翁子國民小學

作者：	指導老師：
小六 黃富詮	楊宗榮
小六 陳柏宇	吳芳茜
小六 陳紀辰	
小六 陳奕安	
小六 黃澤璋	
小六 詹益輝	

關鍵詞：音波、管狀滑道、螺旋滑道

壹、研究動機

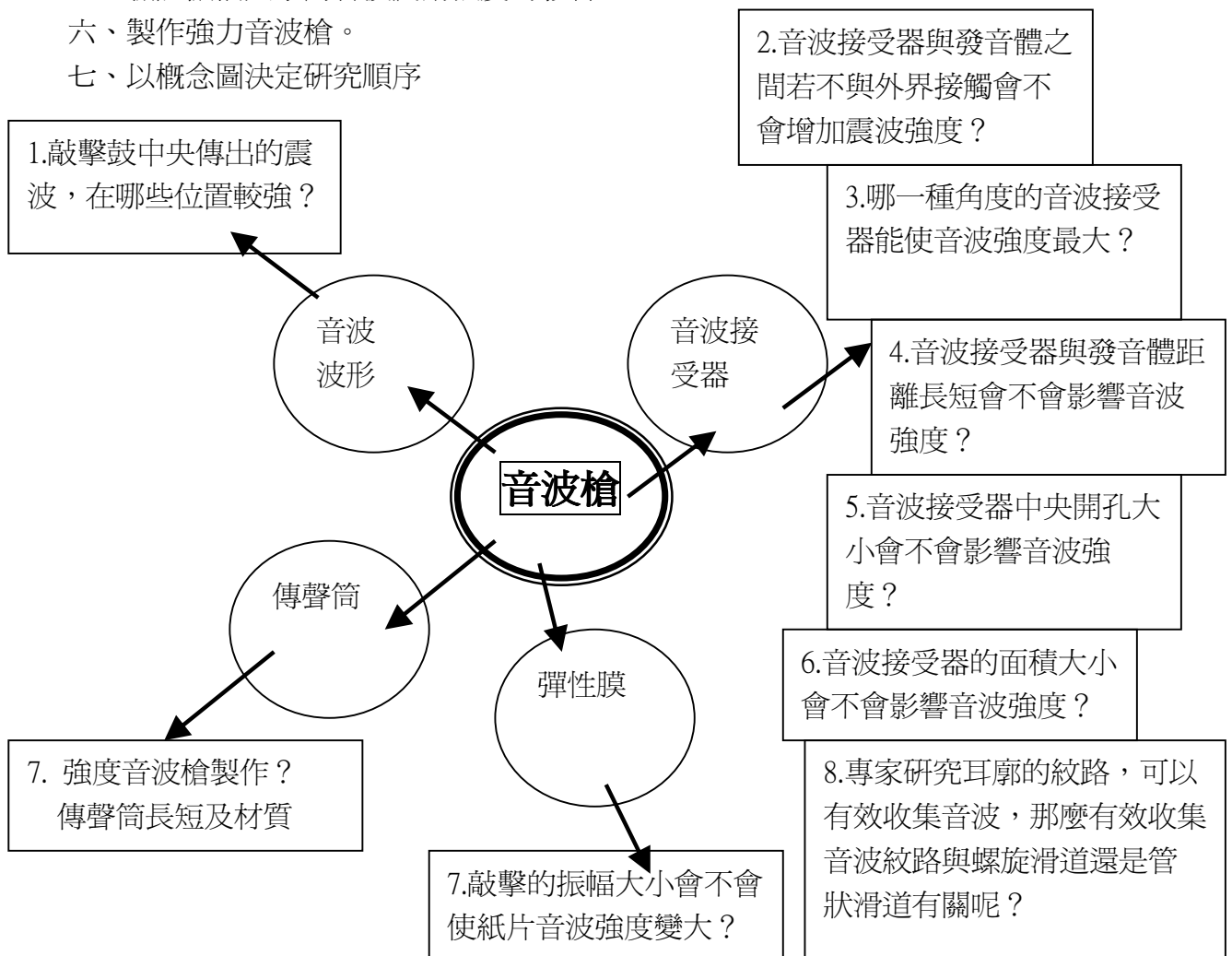
在六上時上過聲音的震動，了解聲音是利用介質的震動來傳遞能量波動，這樣的現象引起我們的好奇心，音波究竟能不能收集呢？平時我們聽不清楚遠方的人說話，把手張開放在耳廓外緣，就會覺得聲音加大，同時聽的比較清楚，是什麼原因呢？外耳殼的紋路對收集音波有沒有幫助呢？而在影片『功夫』中小龍女的獅吼功加上管狀金鐘，一舉震退強敵，音波真的這麼強嗎？，一連串的疑問，引起我們強烈的興趣。

我們想要研究出能有效收集音波的方式，並試試看強度的音波能造成什麼樣的影響？最後設計出能收集聲音的強力音波槍。

貳、研究目的

根據收集的資料，我們的研究目的如下：

- 一、了解耳廓的紋路對收集聲波的作用原理。
- 二、了解音波接受器與發音體之間的音波擴散現象。
- 三、設計能清楚察覺音波震動的實驗。
- 四、了解音波接受器的角度、面積、中央開孔大小與對音波震動強度的影響。
- 五、驗證振幅大小對音波震動強度的影響。
- 六、製作強力音波槍。
- 七、以概念圖決定研究順序



參、研究問題

- 一、敲擊鼓中央傳出的震波，在哪些位置較強？
- 二、音波接受器與發音體之間若不與外界接觸會不會增加震波強度？
- 三、哪一種角度的音波接受器能使音波強度最大？
- 四、音波接受器與發音體距離長短會不會影響音波強度？
- 五、音波接受器中央開孔大小會不會影響音波強度？
- 六、音波接受器的面積大小會不會影響音波強度？
- 七、敲擊的振幅大小會不會使紙片音波強度變大？
- 八、專家研究耳廓的紋路，可以有效收集音波，那麼有效收集音波紋路與螺旋滑道還是管狀滑道有關呢？
- 九、強度音波槍製作。

肆、研究器材與設備：

製作音波接受器的材料	1.厚紙板數張 4.寶特瓶身數個	2.快乾膠一瓶 3.量角器一個	3.圓規一組
製作音波槍的材料	1.0.6 公升寶特瓶數個 4.5 公升保特瓶數個	2.封箱膠一捲 5.厚紙罐一個	3.氣球一包 6.鐵罐一個
測量設備	1.紙箱一個 4.鼓捶一支 7.細蠟燭 3 盒 10.捲尺一捆 13.紙黏土二包	2.全開黑壁報紙一張 5.麵粉一包 8.打火機一個 11.桌椅 2 組	3.中鼓一個 6.蚊香一個 9.直尺數枝 12.掃把三枝
數位設備	1.數位照相機一台	2.電腦一台	3.印表機一台

伍、研究過程及方法

研究活動一、敲擊鼓中央傳出的震波，在哪些位置較強？

(一) 研究步驟

1. 在箱子裡鋪上黑紙，以篩網篩均勻麵粉，將鼓置於上方。
2. 敲擊一次後，觀察麵粉受震波影響變成何種圖形，連續觀察 2 次，並紀錄下來。
3. 敲之前與之後各以數位相機拍攝一張，來比較圖形。
4. 以寶特瓶裝麵粉水放置在鼓的上方，由下往上敲，觀察震波立體流動強度點。




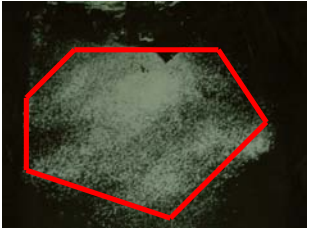

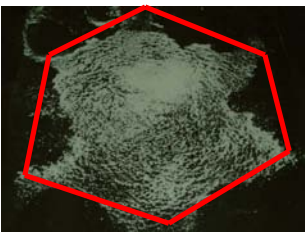
利用篩網均勻的灑下麵粉



寶特瓶內裝麵粉須先搖晃

(二) 研究結果

中鼓震波圖形分析

敲擊第一次		敲擊第二次	
敲擊中鼓前	敲擊中鼓後	敲擊中鼓前	敲擊中鼓後
			

【結果】

敲擊前，麵粉均勻的灑落在黑紙上，敲擊後，可明顯看出麵粉漸層向外擴散，並呈六角狀，可知中鼓的震波有六個強度點，且會向外擴散。

(三) 問題與解決方法

問題 1：一開始用手來灑麵粉，發現灑的很不均勻，不能清楚的看出震波波形？

解決：後來想到以前看電視裡作麵包，利用篩網來灑麵粉，比較均勻，果然解決了這個難題。

問題 2：因為震波會以六角形向外擴散，若以圓筒將震波罩住，能不能收集震波呢？是直接接觸在鼓面上，還是離一段距離效果比較好呢？

解決：於是我們進行了下一個研究。

研究活動二、音波接受器與發音體之間不與外界接觸會不會增加震波強度呢？

1. 將寶特瓶切一半，固定在鼓面上，加入蚊香，觀察震波傳動情形。
2. 敲擊鼓面 5 次，記錄蠟燭熄滅根數。(瓶口與第一根蠟燭相距 2cm)
3. 將寶特瓶與鼓面分開，分別固定在桌面上，距離 8cm，敲擊鼓面 5 次，紀錄蠟燭熄滅根數及震波距離。(燭火晃動不算，以完全熄滅為準)



(一) 研究結果(傳聲筒與鼓面接觸方式)

不與外界接觸-震波距離紀錄表

次數	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
震波距離 (cm)	4	4	5	5	4	4.4cm
蠟燭滅數 (根)	3	3	4	4	3	3.4 根

與外界接觸-震波距離紀錄表

次數	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
震波距離 (cm)	3	4	5	3	3	3.6cm
蠟燭滅數 (根)	2	3	4	2	2	2.6 根

【結果】

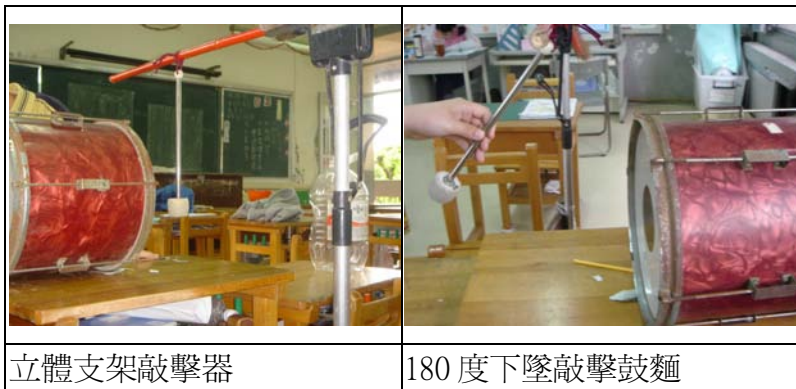
從上面的數據可以看出密封空間能有效收集震波，防止震波向外擴散，而與外界接觸的寶特瓶，因蠟燭熄滅根數較少，故推論震波有擴散減弱現象。

(二) 問題與解決方法

問題 1：爲了測試震波強度，該如何固定敲打中鼓的力道？

解決：1.小組組員在思索這個問題時，偶然發現有人甩動鼓垂，靈機一動，利用鼓捶擺盪的角度，不就可以設計出一樣力道的敲擊器嗎？所以就利用椅子、掃把、膠帶製作立體支架，以 180 度下墜，敲擊中鼓。

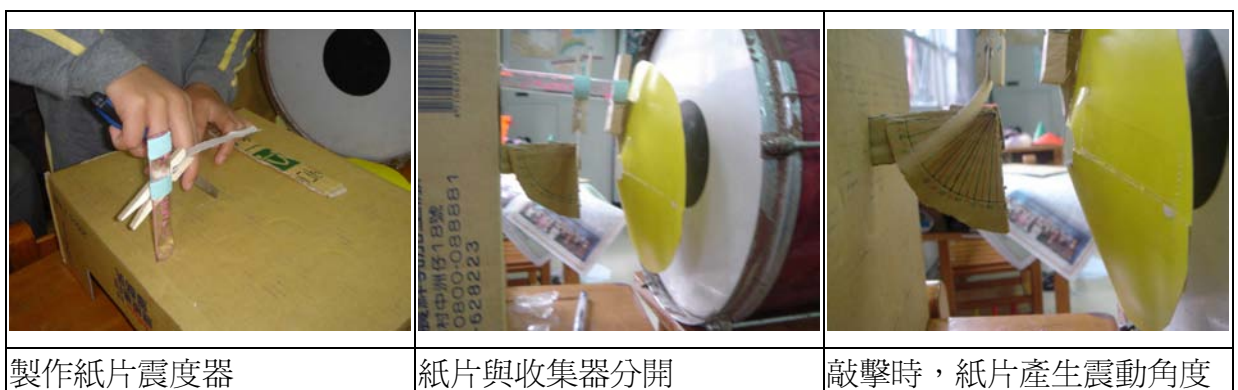
2.一開始只做一邊支架，但是鼓槌擺動時，會使支架跟著動，敲擊力道就會有誤差，後來將支架固定兩邊，並在鼓下擺上止滑墊，讓中鼓不會隨著敲擊的改變位置或是滑動。



問題 2：如何知道震波的強弱呢？

解決：1.有了鼓捶擺盪的經驗，聯想到若是紙片震動的角度大，代表震波的強度強，於是利用紙箱、直尺、量角器、夾子、紙片，製作紙片震度器；在敲擊的瞬間，以數位相機記錄紙片飛起角度大小，並記錄在表格中。

2.但是紙箱不穩固，紙片與直尺的夾角容易改變，造成實驗有極大的誤差。



問題 3：紙片震度器不穩固，直尺及紙片容易掉落，而且紙片震動的速度太快，來不及看，使用數位相機照，很容易模糊，無法判斷紙片揚起的角度，該如何尋找測量震波強度的替代方式呢？

解決：經測試後，震波可以使蠟燭熄滅，所以以直行細蠟燭，取固定間隔排列，作為測量震波強度的有效方法，因為底盤為紙板容易傾斜，後來改為長條木板，增加蠟燭平穩程度。



問題 4：改變耳朵的角度，聲音聽起來就會不同，而角度會不會影響震波的收集呢？

解決：從水波紋可以得知，震波會反射，且遵守入射角 = 反射角，依此法則進行角度的研究實驗。

研究活動三、哪一種角度的音波接受器能使音波強度最大？

(一) 研究步驟

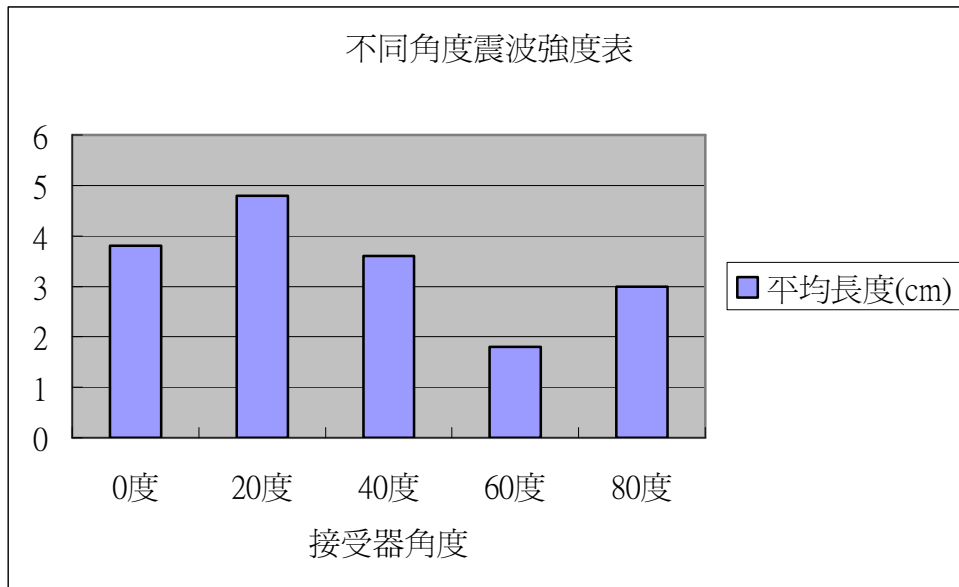
1. 以紙板裁剪半徑 10 公分的圓形，在中央剪一個半徑 1 公分的圓孔，以量角器製作 20-70-90 的直角三角形紙板 4 個，固定成十字，將圓形紙板剪到圓心，沿著 4 個直角三角形折出 20 度的漏斗狀圖形。
2. 以此方式分別製作 40 度、60 度、80 度漏斗。
3. 分別與固定於鼓面上的圓筒相接，中間不留空隙。以立體支架，使鼓槌敲擊力道相同，各敲擊五次。並紀錄下來。



(二) 研究結果

不同角度的震波距離表 (蠟燭熄滅根數/震波長度 cm)

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
0度接受器	3根/4cm	2根/3cm	3根/4cm	3根/4cm	3根/4cm	2.8根/3.8cm
20度接受器	2根/3cm	3根/4cm	4根/5cm	4根/5cm	6根/7cm	3.8根/4.8cm
40度接受器	0	3根/4cm	3根/4cm	3根/4cm	4根/5cm	2.6根/3.6cm
60度接受器	0	0	1根/2cm	1根/2cm	2根/3cm	0.8根/1.8cm
80度接受器	2根/3cm	2根/3cm	2根/3cm	2根/3cm	2根/3cm	2根/3cm



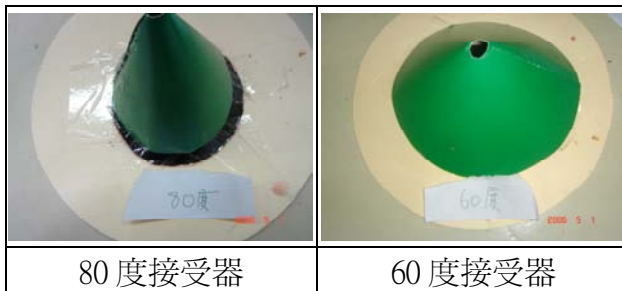
【結果】

由上表可以看出，以 20 度的接受器可以最有效收集震波。

(三) 問題與解決方法

問題 1：做 60 度、80 度時，面積太小無法接在寶特瓶（傳波筒）上，該如何接上去又不會出現空隙呢？

解決：剪一圓形紙板，中央開孔，使接受器剛好套進去，再以膠帶纏繞接縫處。



問題 2：上實驗課時，老師讓我們吹不同水位的試管，會因為空氣柱的長短而發出不同音調的聲音，我們就產生疑問，在不同長度的傳聲筒和收集音波有沒有關聯呢？

解決：在收集的資料中，低頻的聲波容易被收集，能量也較大；而在上實驗課吹吸管時，某些長度會發出較大的聲音，因此進行傳聲筒長度對音波影響的研究。

研究活動四、音波接受器與發音體距離長短會不會影響音波強度？

(一) 研究步驟

1. 製作 0 公分、3 公分、5 公分、7 公分、9 公分、11 公分傳聲筒，分別接上 20 度音波接受器，緊密結合。
2. 分別以立體支架固定力道 180 度敲擊 5 次，紀錄蠟燭熄滅根數及震波距離。

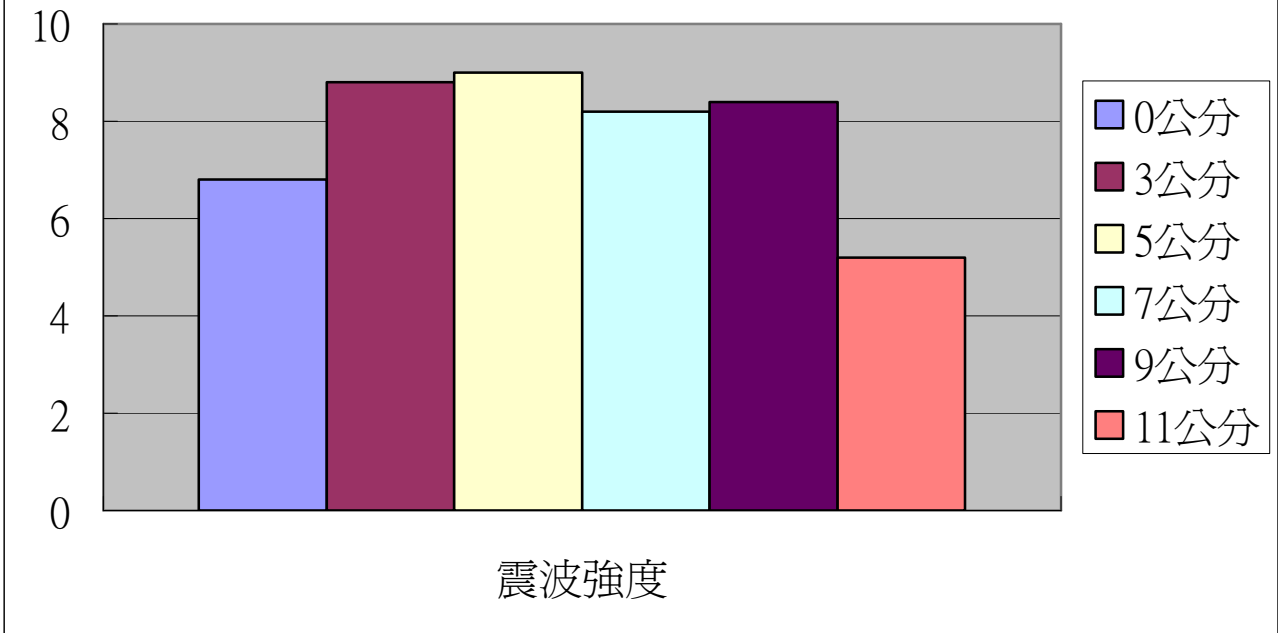


(二) 研究結果

傳聲筒的長短與震波距離關係表

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
距離 0 公分	6 根/7cm	6 根/7 cm	5 根/6 cm	6 根/7 cm	6 根/7 cm	5.8 根/6.8cm
距離 3 公分	8 根/9 cm	8 根/9 cm	8 根/9 cm	9 根/10 cm	6 根/7 cm	7.8 根/8.8cm
距離 5 公分	8 根/9cm	8 根/9 cm	7 根/8 cm	8 根/9 cm	9 根/10 cm	8 根/9cm
距離 7 公分	7 根/8 cm	8 根/9 cm	8 根/9 cm	7 根/8 cm	6 根/7 cm	7.2 根/8.2cm
距離 9 公分	8 根/9 cm	7 根/8 cm	6 根/7 cm	8 根/9 cm	8 根/9 cm	7.4 根/8.4cm
距離 11 公分	4 根/5 cm	5 根/6 cm	3 根/4 cm	4 根/5 cm	5 根/6 cm	4.2 根/5.2cm

發音體與接受器距離長短震波強度直方圖



【結果】

由上圖可看出，接受器與發音體的距離，在 3~9 公分時，對收集音波的效能較高，尤以 5 公分為最好。

(三) 問題與解決方法

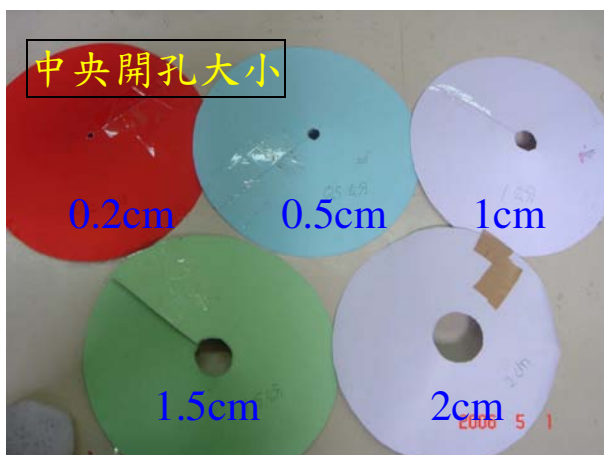
問題 1：我們如果要對較遠處的人喊叫，會把手圈成筒狀，隨著掌緣開口大小不同會造成傳遞的遠近不同，引起我們的疑問；音波從接受器中間的圓孔，匯集後向外傳播，開孔的大小會不會影響接受器匯集音波的能力呢？

解決：進行中央開孔大小對音波集中強度關係的研究。

研究活動五、音波接受器中央開孔大小會不會影響音波強度？

(一) 研究步驟

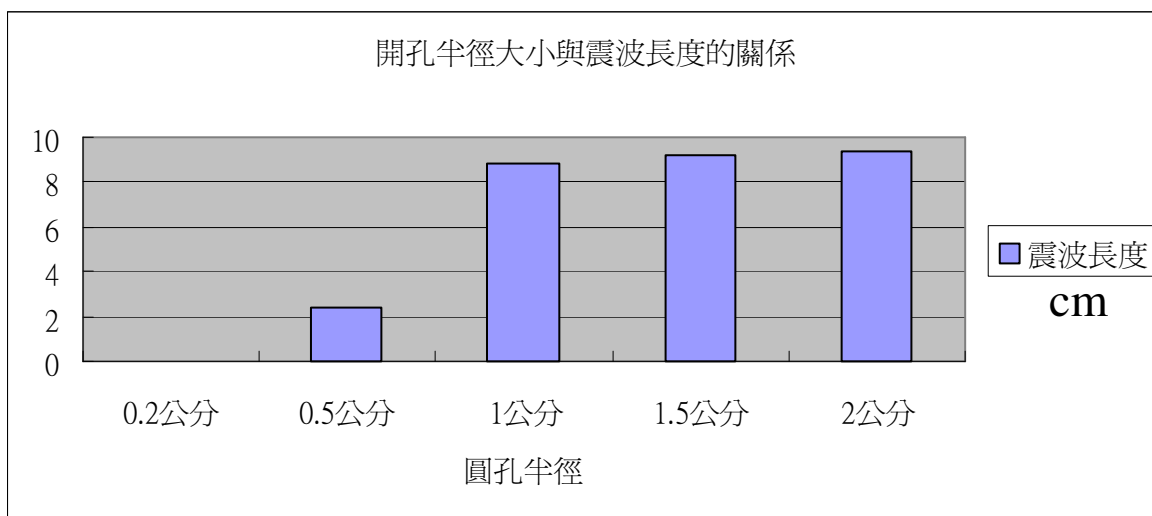
1. 分別在 20 度的音波接受器中裁剪半徑 0.2、0.5、1、1.5、2 公分的圓孔。裝在長度 5cm 的傳聲筒上。
2. 分別以立體支架固定力道敲擊 5 次，紀錄蠟燭熄滅根數及震波距離。



(二) 研究結果

中央開孔大小與震波距離紀錄表

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
半徑 0.2 公分	0 根	0 根	0 根	0 根	0 根	0 根
半徑 0.5 公分	1 根/2cm	2 根/3cm	2 根/3cm	1 根/2cm	1 根/2cm	1.4 根/2.4 cm
半徑 1 公分	8 根/9 cm	7 根/8cm	8 根/9cm	9 根/10 cm	7 根/8cm	7.8 根/8.8 cm
半徑 1.5 公分	8 根/9cm	8 根/9cm	9 根/10cm	8 根/9 cm	8 根/9cm	8.2 根/9.2 cm
半徑 2 公分	9 根/10 cm	8 根/9 cm	8 根/9cm	9 根/10 cm	8 根/9 cm	8.4 根/9.4cm



【結果】

由上圖可知中央開孔介於 1.5~2cm 之間，震波距離最長，開孔如果太小，震波無法傳遞。

(三) 問題與解決方法

問題 1：中央開孔越大，是不是傳出的震波就越強呢？

解決：我們另外製作 3-4 公分的圓孔，效果反而很差，所以推測半徑 2 公分的圓孔，可以使震波剛好都能反射出去，而不會被擋住。

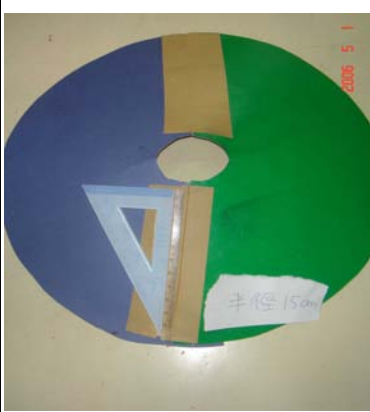


問題 2：敲擊鼓中央時，震波應該以中央最強，所以接受器的面積大小應該不會影響震波大小吧？

解決：我們看了麵粉水的立體震波，和以蚊香點燃的煙所觀測的立體震波，邊緣的震波似乎不明顯，所以我們推論接受器應該有個適當的面積大小，來收集震波；於是我們進行了下一個實驗。

研究活動六、音波接受器的面積大小會不會影響音波強度？

(一) 研究步驟

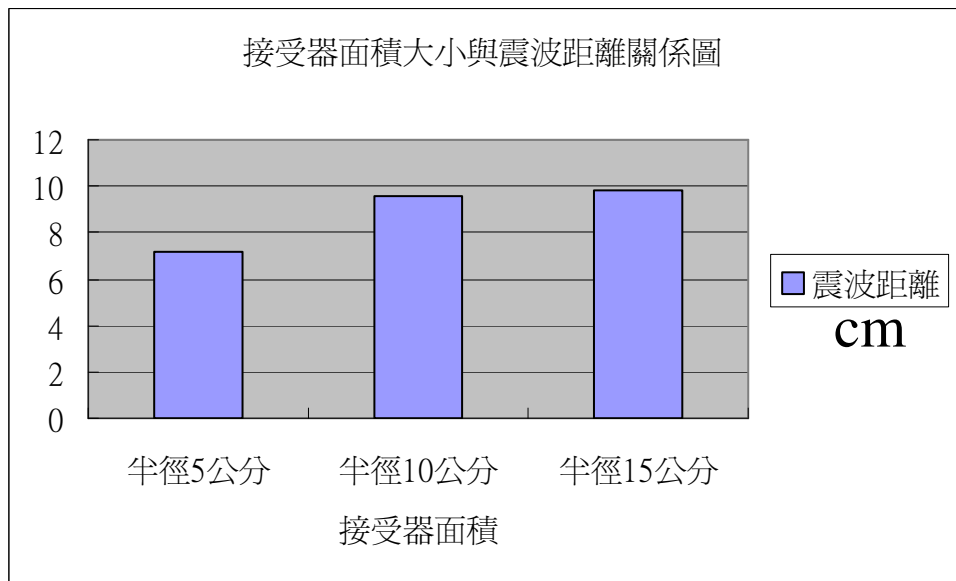
1. 分別製作半徑 5、10、15cm 的 20 度音波接收器，中央開孔半徑 2cm，裝在長度 5cm 的傳聲筒上。
2. 分別以立體支架固定力道敲擊 5 次，紀錄蠟燭熄滅根數、震波距離。

		
半徑 15 公分 中央開孔半徑 2 公分 (和鼓面一樣大)	半徑 10 公分 中央開孔半徑 2 公分	半徑 5 公分 中央開孔半徑 2 公分

(二) 研究結果

接受器面積大小與震波距離關係表

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
半徑 5 公分	6 根/7cm	6 根/7cm	7 根/8 cm	6 根/7 cm	6 根/7 cm	6.2 根/7.2cm
半徑 10 公分	8 根/9 cm	9 根/10cm	9 根/10cm	8 根/9cm	9 根/10cm	8.6 根/9.6cm
半徑 15 公分	9 根/10cm	9 根/10cm	9 根/10 cm	8 根/9 cm	9 根/10 cm	8.8 根/9.8cm



【結果】

由上圖表中，看出接受器面積越大，收集震波的能力越好，最大到涵蓋整個鼓面，所以原先我們所預測週遭的震波對音波接受器的影響不大，並不正確，這些微弱的震波一樣可被音波接受器所收集。

(三) 問題與解決方法

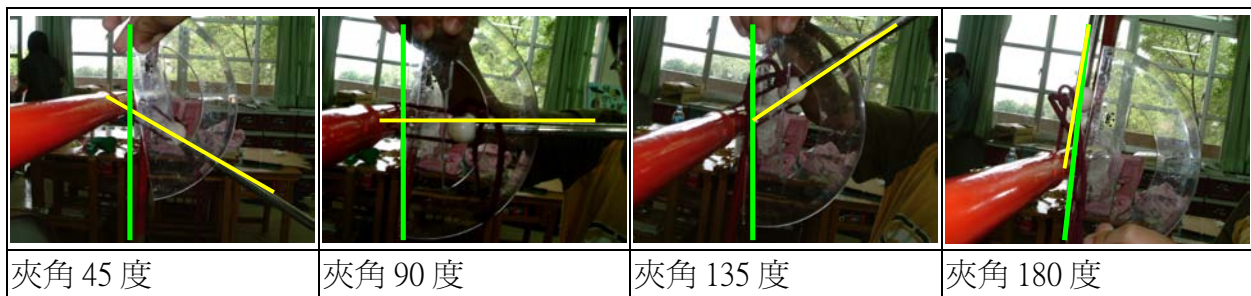
問題 1：在六上的單元中學到音波的傳遞遠近和振幅有關，也就是能量越大，能夠傳遞的越遠，該如何證明呢？

解決：我們想到以立體支架固定鼓捶，再以不同角度進行敲擊，給予不同強度的振幅，觀察音波強度的變化。

研究活動七、敲擊的振幅大小會不會使音波強度發生變化？

(一) 研究步驟

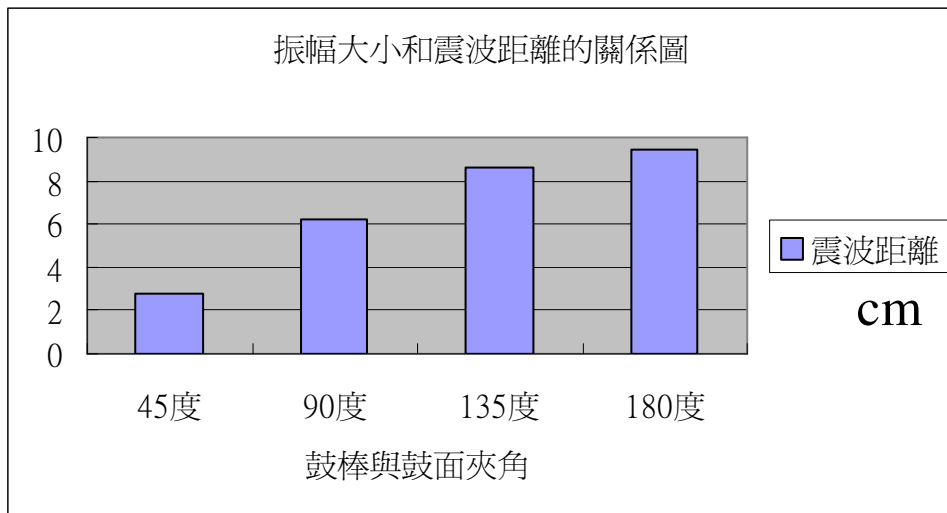
1. 製作立體支架，並在上方放上量角器，角度越大，鼓捶擺動角度也越大，振幅越強。
2. 分別以 45 度、90 度、135 度、180 度進行敲擊 5 次。
3. 觀察並紀錄蠟燭熄滅根數、震波距離。



(二) 研究結果

振幅大小與震波距離關係表

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
45 度	2 根/3cm	1 根/2cm	2 根/3 cm	2 根/3 cm	2 根/3 cm	1.8 根/2.8cm
90 度	6 根/3 cm	5 根/3 cm	5 根/3 cm	6 根/5 cm	4 根/5 cm	5.2 根/6.2cm
135 度	7 根/8cm	8 根/9 cm	7 根/8 cm	8 根/9 cm	8 根/9 cm	7.6 根/8.6cm
180 度	8 根/9cm	9 根/10 cm	8 根/9 cm	8 根/9cm	9 根/10 cm	8.4 根/9.4cm



【結果】

由上圖表中可得知，振幅越大，可使震波傳播較遠距離，所以我們用力敲擊鼓面時，所累積的震波，會比利用 180 度夾角敲打的震波還要遠，也就是說鼓面震盪的幅度越大，會造成較大的振幅，給予震波較強的能量，使之傳遞較遠。

(三) 問題與解決方法

問題 1：鼓棒下放時，不一定會像鐘擺一樣，以圓弧下滑，有時會偏離軌道，使的敲打的力道不一，該如何克服這個問題呢？

解決：會有不規則震動的是因為連接處以繩子與鼓捶相接，將繩子綁至最短，再以紙板與掃把垂直，沿著紙板滑落，就可以避免敲擊線不在同一個平面上了。

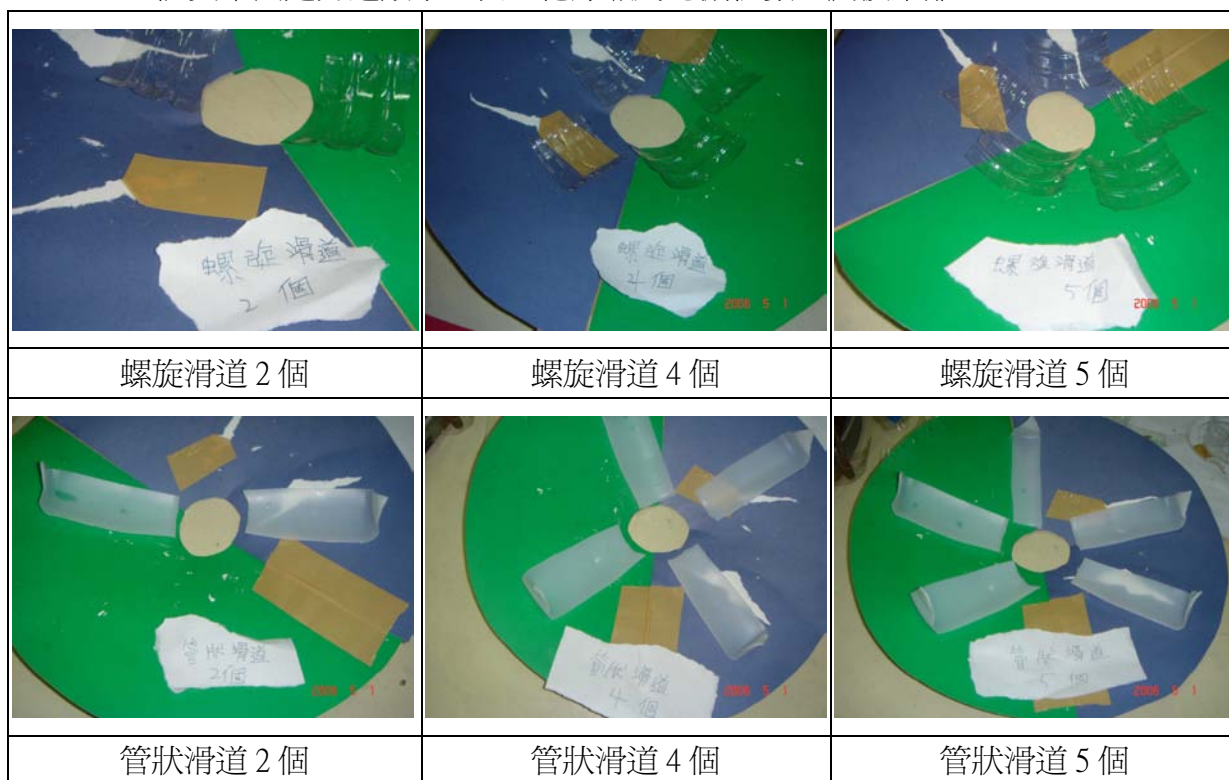
問題 2：人的耳殼中有許多紋路，這些紋路能幫助我們收集聲波嗎？

解決：先收集有關耳朵的資料，再將耳朵的紋路分類，依照其外觀特性，分成管狀滑道、及螺旋滑道，並分別進行實驗來驗證耳紋對收集聲波的影響

研究活動八、專家研究耳廓的紋路，可以有效收集音波，那麼有效收集音波紋路與螺旋滑道還是管狀滑道有關呢？

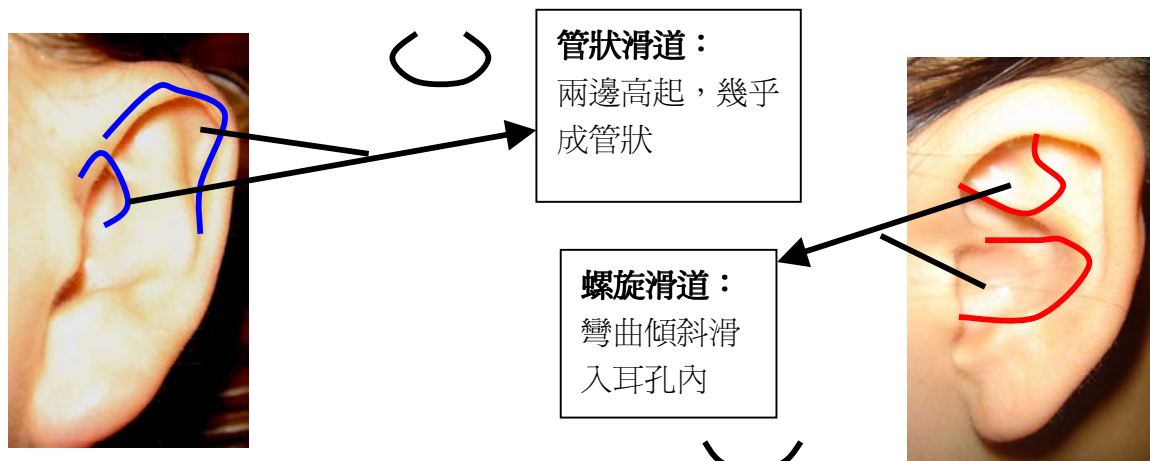
(一) 研究步驟

1. 研究耳廓的構造，並製作模型
2. 依照鼓的震波強度點，以塑膠片在聲音接受器上分別製作 2、4、5 個螺旋滑道，再以立體支架固定力道敲擊 5 次，紀錄蠟燭熄滅根數、震波距離。
3. 依照鼓的震波強度點，以塑膠片在聲音接受器上分別製作 2、4、5 個管狀滑道，再以立體支架固定力道敲擊 5 次，紀錄蠟燭熄滅根數、震波距離。

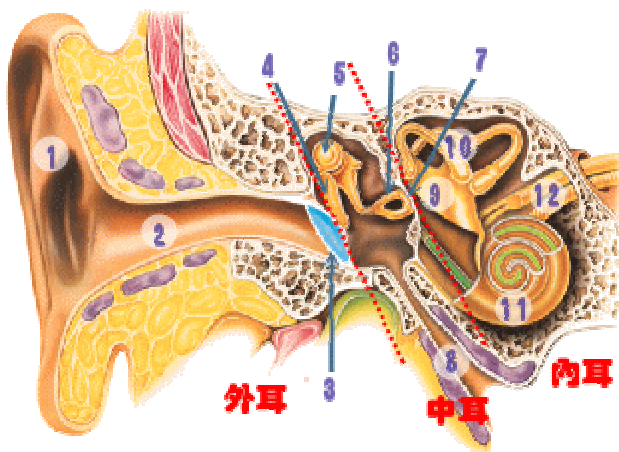


(二) 研究結果

1.



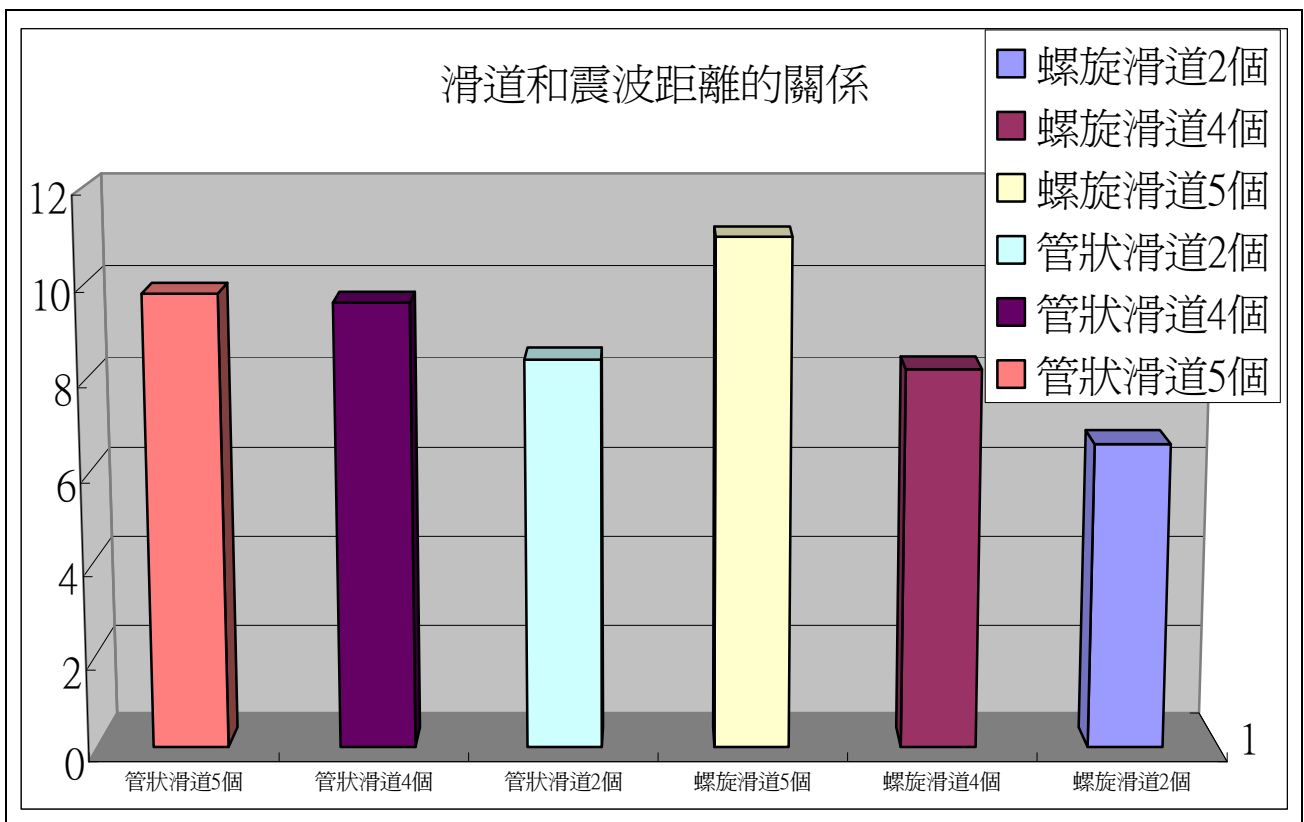
2.



外耳包含耳殼及外耳道，耳殼的主要功能除了收集聲波之外，左右兩個耳殼同時作用，還有幫助定位聲音方向的功能；收集到的聲音能量，經外耳道引發耳膜震動後，將聲音傳入中耳內。（引用自科林聽力保健中心 <http://www.hearingaid.com.tw/index.htm>）

滑道與震波距離關係表

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
螺旋滑道 2 個	5 根/6cm	6 根/7cm	6 根/7cm	5 根/6 cm	6 根/7 cm	5.6 根/6.6cm
螺旋滑道 4 個	6 根/7 cm	8 根/9 cm	7 根/8 cm	8 根/9 cm	7 根/8 cm	7.2 根/8.2 cm
螺旋滑道 5 個	10 根/11cm	11 根/12 cm	10 根/11 cm	10 根/11 cm	9 根/10 cm	10 根/11cm
管狀滑道 2 個	7 根/8 cm	6 根/7 cm	8 根/9 cm	7 根/8 cm	9 根/10 cm	7.4 根/8.4 cm
管狀滑道 4 個	8 根/9 cm	9 根/10 cm	8 根/9 cm	8 根/9 cm	10 根/11 cm	8.6 根/9.6 cm
管狀滑道 5 個	10 根/11 cm	10 根/11 cm	9 根/10 cm	9 根/10 cm	8 根/9 cm	8.8 根/9.8 cm



【結果】

如上圖，可以看出滑道數越多，震波的距離就越長，螺旋滑道沒有覆蓋住整個接受器前，效果比管狀滑道差，但是全覆蓋後，就能有效將音波強度點的震波匯集在中央開孔。

（三）問題與解決方法

問題 1：該如何製作耳朵模型呢？

解決：利用黏土一小塊一小塊塞入耳殼內，小心不要塞入耳孔內，塞滿後取出，乾燥後，以黏土覆蓋在印膜上，等封乾後，就得到耳朵的模型。

問題 2：該如何利用實驗結果來製作強力音波槍呢？

解決：在網路上曾看過有人利用氣球來製作彈性膜，效果和鼓面極類似，也可以發出震波；利用實驗結果來畫音波槍的構造圖，並進行強度測試。

研究活動九、強度音波槍製作

（一）研究步驟

1. 依實驗結果畫出音波槍與實驗構造分析圖。
2. 以不同長度、相同底面積半徑（3cm）的罐子，底端加上氣球彈性膜，前端加上改良後的音波接受器，以固定距離（5cm）拉彈性膜 5 次，紀錄蠟燭熄滅根數、震波距離。
3. 以氣球為彈性膜，不同材質的傳聲筒進行測試，以固定距離（5cm）拍打彈性膜 5 次，紀錄蠟燭熄滅根數、震波距離。
4. 改良強度音波槍



（二）研究結果

1. 音波槍與實驗構造分析圖

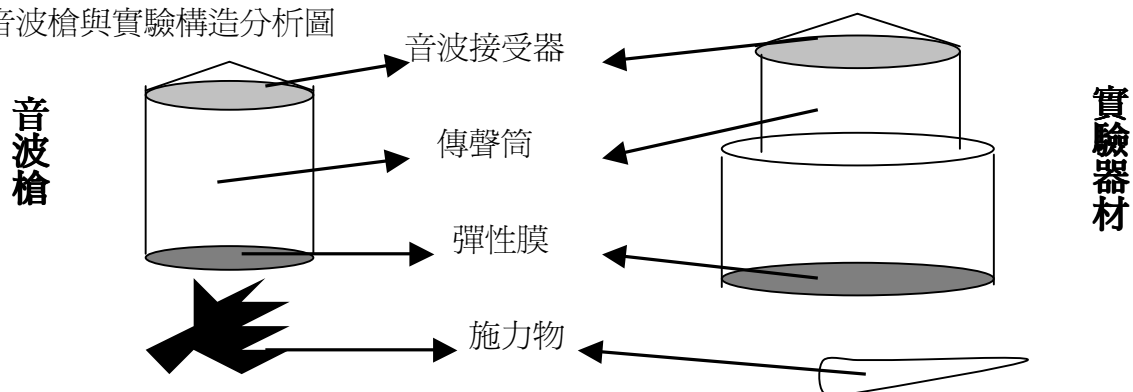


表 1.傳聲筒長度與震波距離 (cm) 關係表

傳聲筒長度	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
5cm	5	8	7	7	7	6.8
10cm	12	14	12	14	14	13.2
15cm	11	14	12	14	10	12.2
20cm	11	8	10	10	10	9.8
25cm	6	8	7	7	7	7
30cm	5	7	8	7	6	6.6

表 2.傳聲筒材質與震波距離 (cm) 關係表

傳聲筒	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
硬紙筒	14	16	16	18	18	16.4
寶特瓶	12	13	12	13	14	12.8
鋁罐	14	14	12	14	14	13.6

表1.傳聲筒長短與震波距離長條圖

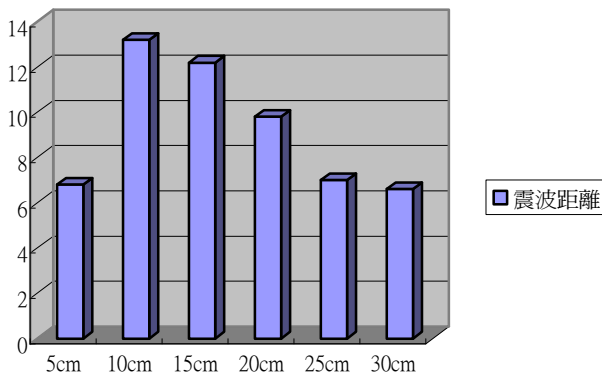
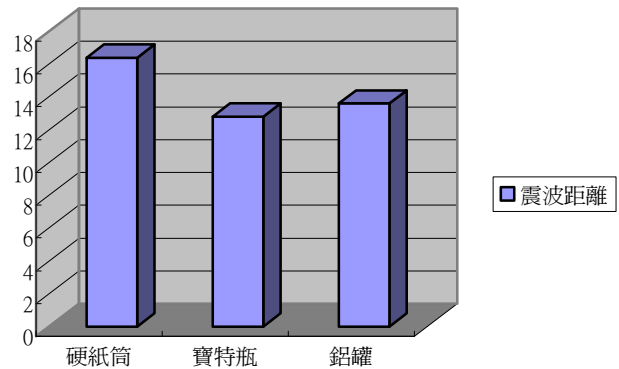


表2.材質與震波距離長條圖



最強音波槍 (底面積半徑 4.5cm、傳聲筒長度 14cm、中央開孔半徑 2cm)



【結果】

由上表 1 可知，底面積半徑：傳聲筒長度：中央開孔半徑，大約為 3：10：1 時，能發射出最大的震波；傳聲筒的材質越硬打出去的震波越強。

由上表 2 可知，傳聲筒材質越硬，管壁越不容易吸收震波，震波距離越遠。

(三) 問題與解決方法

問題 1：用拍打的效果並不明顯，所以改用拉彈性膜的方式製造震波，但是力量大小不一樣，容易出現誤差。

解決：將尺貼在傳聲筒上，固定將彈性膜拉出 5cm，就有相同的振幅了。

柒、研究與討論

一、敲擊鼓中央傳出的震波，在哪些位置較強？

- (一) 敲擊的力道越大，麵粉輻射出去的波紋越明顯，但是麵粉若是不均勻，某個區塊太厚，就會產生裂痕，如果由左而右有順序的舖上麵粉，就可以盡量避免這個問題。
- (二) 中鼓的震波為六角形輻散，而中鼓旁的鐵支架也是六根，堅固的點可使震波無消耗地釋放。
- (三) 鼓面需較靠近麵粉才能清楚看到紋路。

二、音波接受器與發音體之間若不與外界接觸會不會增加震波強度？

- (一) 寶特瓶緊密連接在鼓面上，可使震波不會隨空隙而發散出去，達到收集震波的效果。
- (二) 將寶特瓶切一半時，有可能會切歪掉，造成連接在鼓面上有空隙，所以先將保瓶外圍以黑筆描繪一遍，就可以避免這個問題。
- (三) 敲擊鼓面時，巨大的震動，會使桌子跟著搖晃，震波就無法集中，所以要先用童軍繩將中鼓固定住。
- (四) 音波接受器若與發音體相距太遠，震波向外幅散越多，收集音波效果越差。

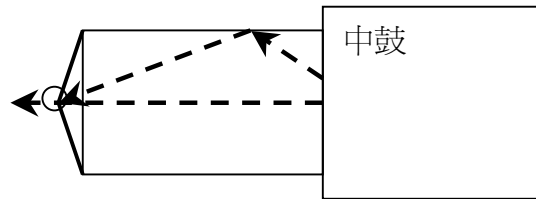
(五) 失敗實驗探究：

1. 一開始系統全暴露在空氣中，造成震波能量散逸，不容易觀測結果。
2. 測量震波強度以紙片震動幅度觀測，容易受到外界干擾，且紙片容易彎曲，擺動幅度太快，觀測不易，容易造成極大誤差。
3. 以尺及紙箱固定音波接受器，接觸面接太少，不穩固，角度一直產生變化，增實驗的困難度。
4. 重新設計實驗，以蠟燭代替紙片，作為震波強度的測量，有容易觀察、操作方便、實驗結果停留時間長…等優點。

三、 哪一種角度的音波接受器能使音波強度最大？

- (一) 原本預測角度越大的接受器越容易收集音波，結果 80 度的接受器反而是較差的，根據音波遵守入射角=反射角的定律來推測，震波應該是先向外發散，撞到傳聲筒壁，反射一次，再撞到 20 度接受器面，反射第二次，回到中央鼓面，再被震波帶出出中央紙孔。

下圖為音波反射情形。



- (二) 研究人耳朵約成 20 度角向外，估推測這個角度能最大限度收集音波。
- (三) 有時敲擊鼓面，並不是在同一平面上，所以都是 180 度，也會造成力道大小不同，所以必須將鼓棒拉直，及準備隔板，讓每次敲擊都能順著同一軌道下落。

四、 音波接受器與發音體距離長短會不會影響音波強度？

- (一) 以半徑 10 公分、長度 5 公分的傳聲筒能收集最多音波，越短或是越長，震波距離並沒有隨之變小變大。
- (二) 以蠟燭來做實驗時，蠟燭會越燒越短，接受震波射出的位置，可能會隨之改變，所以要隨時注意震波與蠟燭相接位置要一致。
- (三) 音波接受器會一直碰到鼓面，需要一直調整，很費時間，所以下面要放置防滑條，防止鼓面向前滑動。

五、 音波接受器中央開孔大小會不會影響音波強度？

- (一) 以玩水槍的經驗，來推測開孔越小，震波強度應該最強，但是震波與壓力無關，開孔越小，效果越差。

六、 音波接受器的面積大小會不會影響音波強度？

- (一) 在密閉系統中，涵蓋整個鼓面時，能最有效收集震波，若是在開放系統中，面積越大應該可更有效收集震波。
- (二) 接受器的材質太軟，在六上康軒自然課本中提到軟面會吸收震波，所以部分震波可能隨著接受器的震動而散逸。

七、 敲擊的振幅大小會不會使紙片音波強度變大？

- (一) 角度越小，鼓面的震動越小，振幅也越小，所傳播的距離也越短。
- (二) 敲擊的質量越大，也能給予較大的振幅，若不是用鼓槌，而是用其他較輕物品代替，震波強度很明顯降低。

八、 專家研究耳廓的紋路，可以有效收集音波，那麼有效收集音波紋路

與螺旋滑道還是管狀滑道有關呢？

- (一) 滑道的曲度不容易控制，只能以寶特瓶來做實驗，曲度的實驗沒有做較多組來比較，所以實驗數據較不客觀。
- (二) 管狀滑道接觸震波的開口太小，不易收集，螺旋滑道的開口較大，能大幅度收集震波，但是管狀滑道能使震波不易反射出去，有效集中。
- (三) 從網路上收集資料證明，低頻震波會沿著管狀壁螺旋集中後，繞進耳孔。

九、 強度音波槍製作

- (一) 以寶特瓶來製作傳聲筒長度大小實驗，大約實驗五次後，傳聲筒就會變形，不能再使用，所以傳聲筒的材質必須選用堅固的材質。
- (二) 彈性膜容易因為拉力過大而產生疲乏情形，除了需固定每次拉力大小外，應隨時以膠帶將彈性膜維持最緊狀態。
- (三) 傳聲筒底面積半徑：傳聲筒長度：音波收受器開口半徑，大約為 3：10：1 加上螺旋滑道，最好的效果可以傳遞 50-60cm。

捌、結論

- 一、 根據實驗的結果，做音波槍時要使用厚紙板或是硬度較大的材質來製作傳聲筒及音波接受器材可以避免因為管壁太軟造成震波被吸收的下場。
- 二、 垂直音波 20 度的夾角，可使震波向中央集中。
- 三、 音波接受器的面積以涵蓋發音體的收集效果最好。
- 四、 音波震動時，是以六角狀向外幅散，但是受到光滑面會遵守入射角 = 反射角定律產生反射。
- 五、 耳朵的紋路有收集音波，並螺旋強化振幅的效果，將之利用在音波接受器上，可使收集效果更明顯，但是曲度及螺旋的方向，並沒有深入探討，為下次精進研究的目標。
- 六、 傳聲筒底面積半徑：傳聲筒長度：20 度音波收受器開口半徑，大約為 3：10：1，再加上全覆蓋螺旋滑道，硬質傳聲筒，加大振幅，最遠可傳遞 60 公分。

玖、參考資料及其他

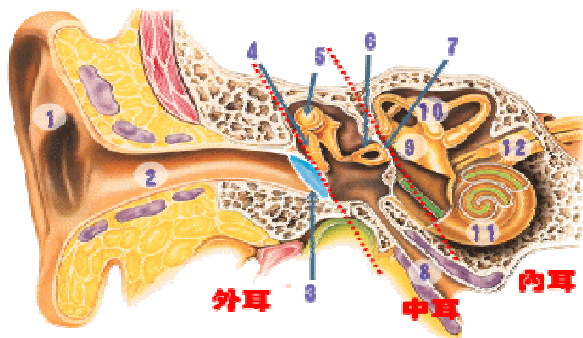
篇名	作者(年代)	書名或網站	出版社或網址
聲音的世界	曹培熙(民國 78 年)	<i>科學圖書館</i>	圖文出版社發行
聲音的探討	施惠(民國 94 年)	<i>自然與生活科技 六上課本</i>	南一書局企業股份有限公司
耳蝸的妙用	林宗欣 (2006/03/22) (Tsong-Shin Lim)	<i>科學文化頻道 科學新聞台</i>	http://scc.bookzone.com.tw/sccd/sccd.htm
耳朵的構造及聽覺形成的原因	柯林聽力保健中心 醫師群	<i>柯林聽力 保健中心</i>	http://www.hearingaid.com.tw/hearing/Hearing1.htm
發出聲音的方法	劉君祖(1988/4/5)	<i>小年頓科學百科 1</i>	牛頓出版股份有限公司

重要參考資料摘要

耳蝸的妙用

根據研究人員的計算，耳蝸的螺旋結構可以有效地提昇聲音所造成的震動的強度，尤其是**低頻**的部分。對於沿著耳蝸傳播的震動，精緻的螺旋狀結構提供了一個新的花樣--逐漸緊密的彎曲的結構確保了聲音束(rays of sound)穩定地聚在靠近管壁的位置。它證明了耳蝸複雜的幾何形狀的功能是對低頻的訊號產生**放大**的作用。

耳朵的構造及聽覺形成的原因



耳朵的生理構造，主要可分為外耳、中耳、內耳三個部份，連接聽神經至大腦，構成了人類的聽覺系統(如左圖)。

生理構造	包含器官	各器官之基本功能
外耳	1. 耳廓 2. 耳道 3. 耳膜	1. 收集聲波，產生主體效果。 2. 把聲波傳到耳膜，有擴大效果。 3. 外耳、中耳之分界線，聲波撞擊耳膜時，會引起耳膜之振動，傳入三塊聽小骨。

評語

080813 音波槍

本作品利用聲波原理設計螺旋及管狀滑道收集震波強度，並設計出音波槍。實驗設計及實施過程富科學內涵。實驗製具取材於日常生活用品，相當難得。